

# **PENGARUH PERUBAHAN SUHU SINTERING PADA SINTESIS SUPERKONDUKTOR $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$**

Dwi Teguh Rahardjo, Sri Budiawanti, Lita Rahmasari  
Pendidikan Fisika, FKIP, UNS  
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta  
email / telp. : [rateguh@gmail.com](mailto:rateguh@gmail.com) / 085293639515

## **ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini yaitu menyelidiki pengaruh perubahan suhu sintering pada sintesis superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  berdasarkan struktur *Planar Weight Disparity* (PWD). Metode yang digunakan untuk membuat bahan superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  adalah metode reaksi padatan. Karakterisasi bahan untuk menentukan apakah bahan yang dibuat sudah menjadi bahan superkonduktor, digunakan metode efek Meissner dan untuk menentukan fraksi volume bahan superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  digunakan profil hasil XRD. Suhu kalsinasi pada sintesis superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  yaitu 800 °C dan suhu sintering 810 °C, 815°C, 820 °C, 825°C, 830 °C selama 24 jam. Hasil perhitungan fraksi volume  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  maksimum diperoleh pada suhu sintering 820 °C dengan nilai fraksi volume 82,8 %.

Kata kunci :  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  , metode reaksi padatan, dan sintering

## **I. PENDAHULUAN**

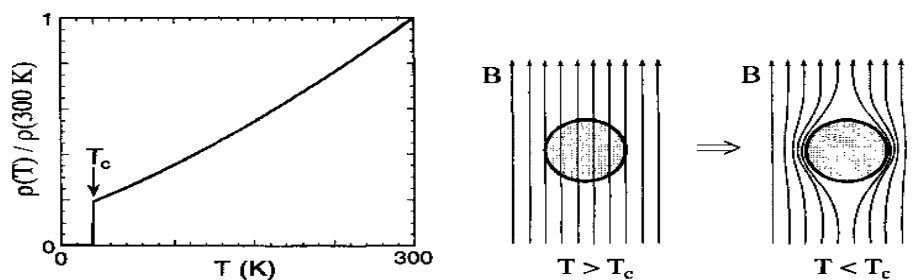
Superkonduktor adalah suatu bahan yang dapat mengalirkan arus listrik secara sempurna dalam jumlah besar tanpa mengalami hambatan, sehingga bahan superkonduktor dapat dibentuk kawat yang digunakan untuk membuat medan magnet yang besar tanpa mengalami efek pemanasan. Medan magnet yang besar dapat digunakan untuk mengangkat beban yang berat melalui kesamaan kutub-kutub magnet, sehingga dapat digunakan untuk membuat kereta api yang melayang (levitasi) tanpa menggunakan roda. Tanpa gesekan roda maka kereta api sebagai alat transportasi yang dapat bergerak dengan cepat dan sedikit memerlukan energi. Ada korelasi antara medan magnet yang kuat dengan suhu kritis ( $T_c$ ) tinggi bahan superkonduktor, di mana dengan suhu kritis tinggi maka akan memudahkan membuat medan

magnet yang kuat. Pembentukan struktur superkonduktor yang berdasarkan *Planar Weight Disparity* (PWD) dapat meningkatkan suhu kritis suatu bahan superkonduktor (Eck, J.S., 2005). Manfaat bahan superkonduktor lainnya yaitu sebagai media penyimpanan data, penstabil tegangan, komputer cepat, penghemat energi, penghasil medan magnet tinggi pada reaktor nuklir fusi, dan sensor medan magnet super sensitif SQUID.

Sistem superkonduktor  $T_c$  tinggi pada umumnya merupakan senyawa multi komponen yang memiliki sejumlah fase struktur yang berbeda dan struktur kristal yang rumit. Sistem  $Pb_2Ba_2Ca_2Cu_3O_9$  juga merupakan senyawa oksida keramik yang mempunyai struktur berlapis-lapis dengan ciri khas sisipan lapisan  $CuO_2$ . Ada korelasi antara struktur superkonduktor dengan suhu kritis (Frello, T., 2000), sehingga pembentukan struktur berdasarkan *Planar Weight Disparity* (PWD) dimaksudkan untuk meningkatkan suhu kritis superkonduktor (Barrera, E.W et.al., 2006). Sebagai senyawa multi komponen sistem  $Pb_2Ba_2Ca_2Cu_3O_9$  memerlukan beberapa komponen-komponen penyusun sebagai bahan pembentuk lapisan-lapisan struktur yang kompleks.

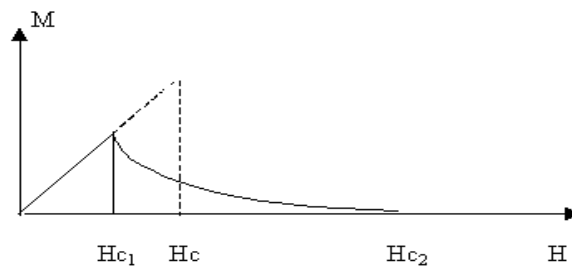
## II. KAJIAN PUSTAKA YANG SUDAH DILAKSANAKAN

Superkonduktor merupakan suatu material yang mempunyai karakteristik yang dapat mengalirkan arus listrik secara sempurna tanpa mengalami hambatan sama sekali, di mana resistivitas menjadi nol (transisi fase orde kedua) pada suhu di bawah suhu kritis. Superkonduktor juga dapat menolak fluks magnet eksternal yang melewatinya atau mengalami diamagnetisme sempurna (efek Meissner) pada suhu di bawah suhu kritis (Busmann, A., (2007))



Gambar 1. Resistivitas bahan superkonduktor dan Efek Meissner

Superkonduktor keramik  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  termasuk dalam golongan superkonduktor tipe II dan mempunyai suhu tinggi. Superkonduktor tipe II terdapat dua medan kritis, yaitu: medan kritis bawah  $H_{c1}$  dan medan kritis atas  $H_{c2}$ . Dibawah  $H_{c1}$  fluks magnetik ditolak secara sempurna dan diatas  $H_{c1}$  fluks magnet sebagian dapat menembus interior bahan sampai batas medan kritis  $H_{c2}$ . Di atas  $H_{c2}$  bahan akan kehilangan sifat superkonduktivitasnya (gambar 2). Medan magnet yang diperlukan untuk menghilangkan superkonduktivitas atau memulihkan resistivitas normalnya disebut medan kritis ( $H_c$ ) (Saxena. A.K.. 2010)



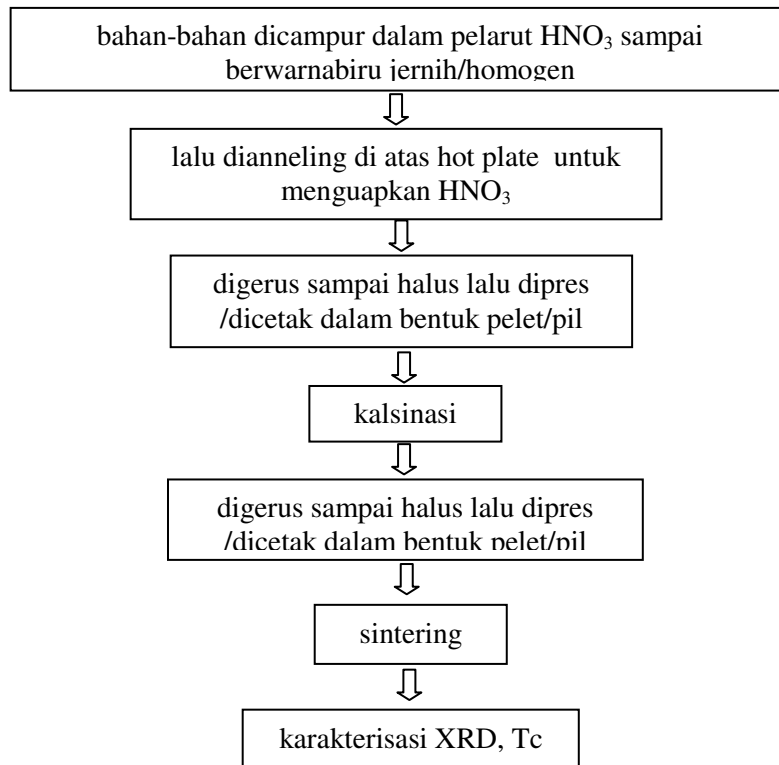
Gambar 2. Magnetisasi bahan superkonduktor terhadap kuat medan

Superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  merupakan superkonduktor oksida keramik yang mempunyai struktur berlapis-lapis dengan ciri khas sisipan lapisan  $\text{CuO}_2$  yang menyebabkan sistem tersebut mempunyai kecenderungan bersifat metalik pada suhu kamar (Plakida, N., 2010). Lapisan-lapisan dalam superkonduktor suhu tinggi berupa lapisan resevoir muatan dan lapisan konduktif muatan. Semua superkonduktor  $T_c$  tinggi dengan dasar tembaga (Cu) memiliki struktur kristalografi yang terdiri dari blok-blok perovskite (Muller, K.A, 2010). Blok-blok ini tersusun sedemikian rupa dengan bidang-bidang  $\text{CuO}_2$  yang berfungsi sebagai lapisan konduksi. Struktur sistem  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  juga mempunyai sifat fisik yang berlapis-lapis sehingga dapat diatur penyusunan senyawa-senyawa yang memiliki atom berat dan senyawa yang mempunyai atom ringan secara berselang seling (*Planar Weight Disparity*). (Eck, E.J., 2005). Susunan struktur kristal superkonduktor yang berupa *Planar Weight Disparity* dapat meningkatkan suhu kritis bahan superkonduktor (Tellez, D.A.L., 2010).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Proses pembuatan superkonduktor

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, di mana pada sintesis sistem  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  digunakan metode reaksi padatan dengan molekul pembentuk awal yaitu  $\text{PbO}$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{CuO}$ . Proses awal dimulai dengan penimbangan bahan-bahan pembentuk senyawa  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  dengan variabel suhu sintering dan lama waktu sintering. Setelah bahan siap lalu dilarutkan dalam  $\text{HNO}_3$  agar senyawa campuran homogen, lalu dianneling di atas hot plate dengan panas sedang untuk menguapkan  $\text{HNO}_3$ . Bahan campuran awal kemudian digerus sampai halus lalu dipres dan dicetak dalam bentuk pelet/pil, selanjutnya dikalsinasi dengan suhu  $800^\circ\text{C}$  selama 24 jam untuk menguapkan senyawa  $\text{CO}_2$  dalam campuran awal bahan pembentuk senyawa  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$ .



Gambar 3. Proses pembuatan bahan superkonduktor

### B. Karakterisasi bahan superkonduktor

Karakterisasi pertama yang digunakan yaitu efek Meissner, untuk mengetahui secara sederhana apakah senyawa yang terbentuk sudah menjadi senyawa superkonduktor. Karakterisasi berikutnya berupa XRD untuk

mengetahui apakah senyawa superkonduktor yang terbentuk sudah mempunyai fase  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$ .

Analisis struktur kristal  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  digunakan *refinement* data XRD. Analisis refinement struktur kristal digunakan metode refinement Rietveld dengan bantuan software Fullprof dan Celref. Pada analisis refinement, data model awal akan dicocokkan dengan data dari XRD, di mana semakin cocok data tersebut, maka semakin kecil residu profil hasil refinement. Faktor-faktor reliabilitas akan digunakan untuk ukuran tahap kesuksesan atau kegagalan dari suatu proses refinement.

#### C. Bahan-bahan awal

1. Barium Carbonate ( $\text{BaCO}_3$ ) 99,99%
2. Calcium Oksida ( $\text{CaO}$ ) 99,99%
3. Copper (II) Oxide ( $\text{CuO}$ ) 99,99%
4. Timbal(II) Oxide ( $\text{PbO}$ ) 99,99%
5. Nitrogen cair

#### D. Bahan-bahan awal

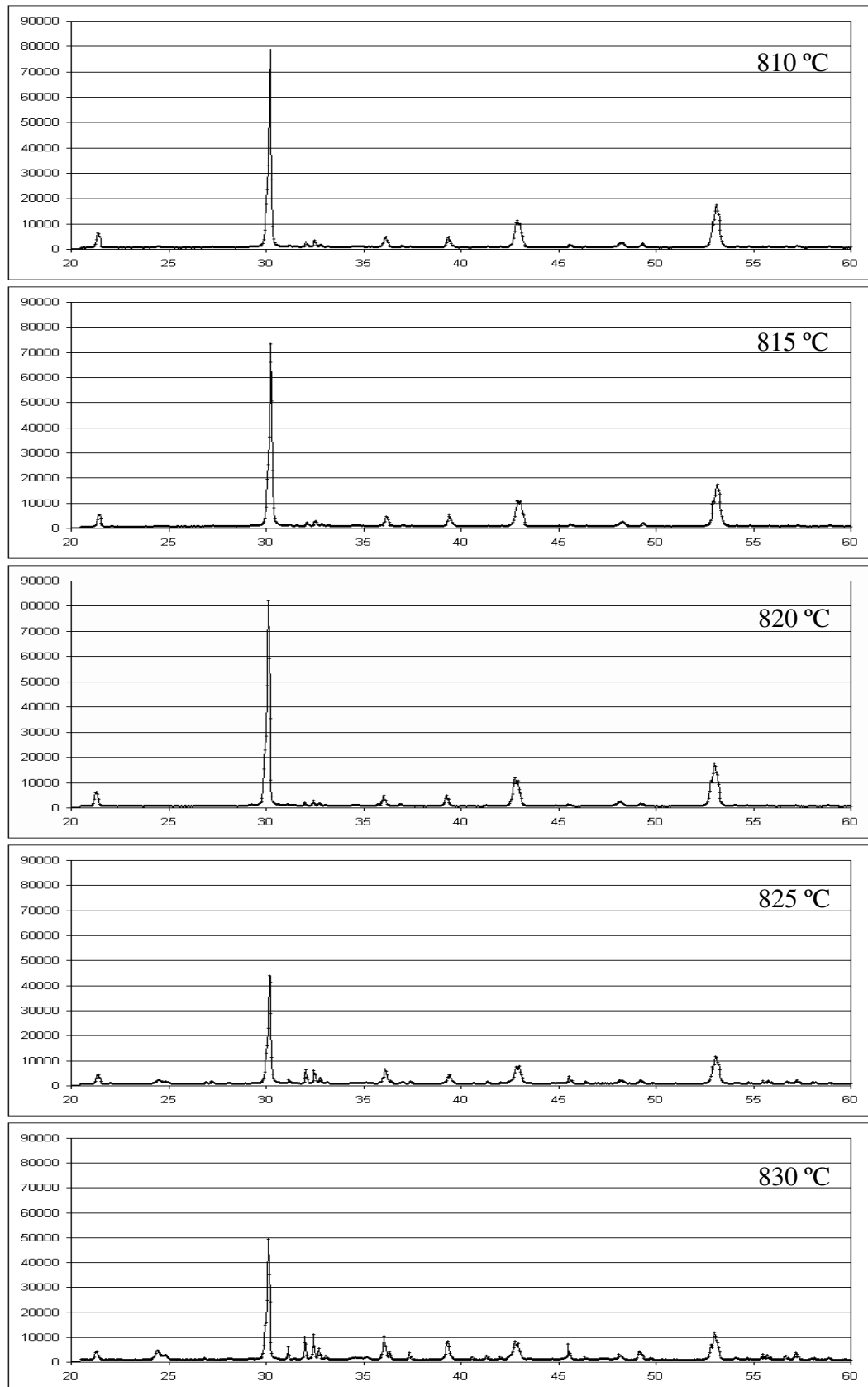
1. Mortar dan pastel
2. Spatula
3. Crusible
4. Wadah pembuat pil/pelet
5. Mesin pengepres 10 ton
6. Furnace Neytech 0 – 1.100°C

#### E. Data yang akan diambil (variasi suhu sintering) tahun pertama

Sampel	Molaritas senyawa	Suhu sintering	Waktu sintering
S1	$\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$	810°C	24 jam
S2	$\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$	815°C	24 jam
S3	$\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$	820°C	24 jam
S4	$\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$	825°C	24 jam
S5	$\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$	830°C	24 jam

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  hasil scan XRD yaitu



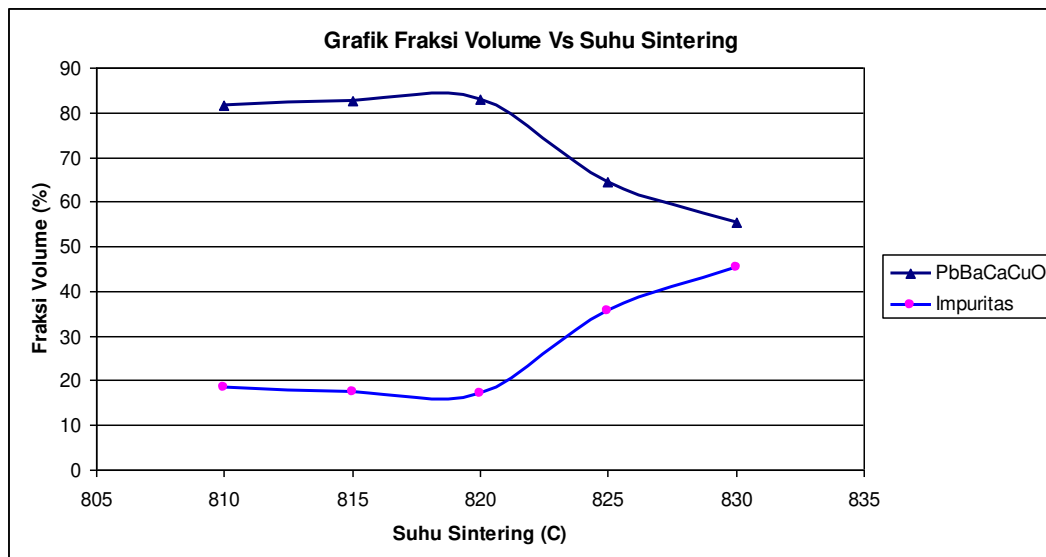
Pengukuran pola difraksi sinar-X pada tiap-tiap sampel  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  digunakan difraktometer D8 Advance Bruke dengan spesifikasi sinar-X  $\text{K}\alpha$  dari

Cu, tegangan 40 kV, arus 40mA, divergensi slit  $1^0$ , receiving slit  $0,3^0$ , scattering slit  $1^0$  serta tipe scan continuous.

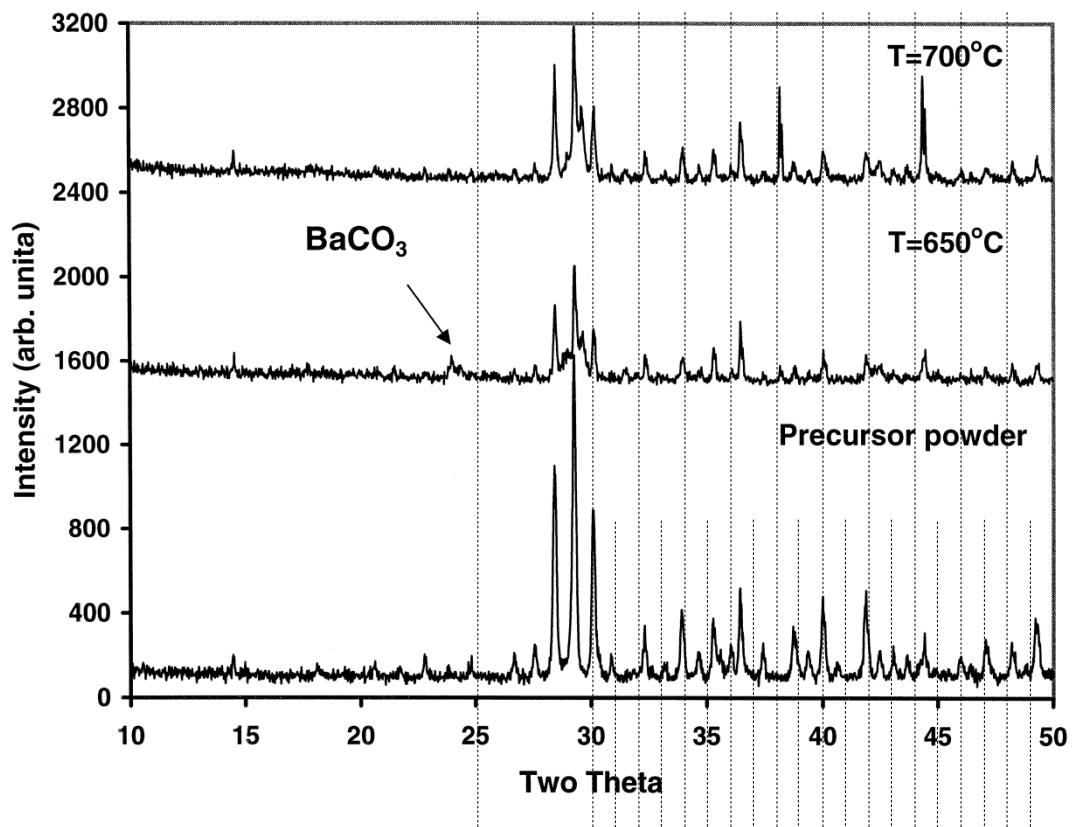
### Analisis Data

Tabel 2. Perhitungan fraksi volume

Sampel	Suhu Sintering	Fraksi Volume PbBaCaCuO (%)	Impuritas (%)
S1	810°C	81,5	18,5
S2	815°C	82,5	17,5
S3	820°C	82,8	17,2
S4	825°C	64,4	35,6
S5	830°C	55,5	45,5



Gambar 5. Grafik fraksi volum vs suhu sintering



Gambar 6. Profil XRD PbBaCaCuO (Sastry, P.V.P.S.S, dkk, 2000)

### Pembahasan Hasil

Pada pembentukan superkonduktor fase  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  umumnya terdapat fraksi impuritas sebagai hasil reaksi padatan yang tidak terbentuk secara merata dan sempurna. Hasil perhitungan fraksi volume pada sampel (Gambar.5) menunjukkan peningkatan fraksi volume fase  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  bersamaan bertambahnya variasi suhu sintering hingga pada suhu 820 °C mencapai nilai maksimum 82,8 % lalu fraksi volume turun bersamaan meningkatnya variasi suhu sintering. Sedangkan fraksi volume impuritas mengalami penurunan bersamaan bertambahnya variasi suhu sintering hingga pada suhu 820 °C mencapai nilai minimum 17,2 % lalu fraksi volume naik bersamaan meningkatnya variasi suhu sintering. Hasil perhitungan fraksi volume superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  maksimum diperoleh pada suhu sintering 820 °C.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari data XRD dan hasil analisis fraksi volume yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Nilai fraksi volume  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  maksimum yaitu 82,8 % diperoleh pada suhu sintering 820 °C.

### Saran

Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui lama waktu sintering terhadap pembentukan fraksi volume superkonduktor  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  untuk memperoleh fase  $\text{Pb}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$  murni.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Barrera, E.W et.al., (2006), “*Conductivity fluctuation in the high temperature superconductor with planar weight disparity  $\text{Y}_{0.5}\text{Sm}_{0.5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$* ,” dalam Journal of Phys. Stat. Sol. No. X, pp 3613–3617.
- Bussmann, A., (2007), “*High Tc Superconductors And Related Transition Metal Oxides*”, Berlin : Springer-Verlag.
- Eck, E.J., (2005), “*Planar Weight Disparity Improves Tc*”, dalam [www.superconductor.org/news](http://www.superconductor.org/news).
- Frello, T., (2000), “*Structural and Superconducting Properties of High-Tc Superconductors*”, dalam Ph.D Thesis, Denmark : Rise National Laboratory, Roskilde.
- Harshman, D.R., (2011), “*Theory of High-Tc Superconductivity Transition Temperature*”, dalam Journal of Physics Condensed Material. Vol.23 pp 17.
- Muller, K.A., (2010), “*Properties of Perovskites and Other Oxides*”, London : World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Plakida, N., (2010), “*High Temperature Cuprate Superconductors*”, Berlin : Springer-Verlag.
- Sastry, P.V.P.S.S, (2000), “*Attempts to fabricate thick  $\text{HgPb}_{1223}$  superconducting films on silver*”, Journal of Physica C 335 pp 112-119.
- Saxena, A.K., (2010), “*High Temperature Superconductors*”, Berlin : Springer-Verlag.

Tellez, D.A.L et al, (2010), "*Effect Of Planar Weight Disparity On The Conductivity Fluctuations And Critical Parameters In The  $Re_{0.5}Y_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$* ", dalam Dyna Journal, Vol 77 pp 234-238.

Pertanyaan : Ciri membuat superkonduktor berhasil?

Jawab : Ada cara untuk mengetahui apakah bahan yang dibuat menjadi bahan superkonduktor atau tidak yaitu dengan uji efek Meisner, uji resistivitas, dan uji suseptibilitas.

Pertanyaan : Apa metode four point probe?

Jawab :Metode four point probe adalah metode untuk mengukur resistivitas bahan superkonduktor terhadap suhu.